

Aufgaben zum Franck-Hertz-Versuch – LK Physik Sporenberg

Ausgegeben am 01.07.2013

1. Aufgabe: Rydbergatome sind Mehrelektronenatome, bei denen das äußerste Elektron in ein sehr hohes Energieniveau angeregt ist. Im Weltraum gibt es solche Atome mit "riesigem" Radius, bei denen sich dieses Elektron in einem Zustand mit der Quantenzahl $n = 350$ befinden kann, im Labor erreicht man etwa $n = 100$.

a) Begründen Sie, warum solche hochangeregten Zustände des Elektrons die gleichen wie bei dem H-Atom sind.

b) Berechnen Sie nach dem bohrschen Modell des H-Atoms allgemein den Radius r_n der n -ten Quantenbahn und die zugehörige Geschwindigkeit v_n .

c) In welcher Entfernung vom Kernmittelpunkt kreist ein Elektron auf der 350. Quantenbahn? Im Labor stellt man solche hochangeregten Rydbergatome her, indem man z.B. einen verdünnten Lithiumdampfstrahl der Temperatur 650°C in eine Vakuumkammer einleitet und mit einem Farbstofflaser variabler Frequenz bestrahlt.

d) Das äußerste Elektron des Lithiumatoms sei durch einen Laser auf die Quantenbahn mit $n = 29$ gehoben worden. Berechnen Sie die Ionisierungsenergie dieses Rydbergatoms in eV.

e) Vergleichen Sie diese Ionisierungsenergie mit der mittleren kinetischen Energie der Lithiumatome im Dampf der Temperatur 650°C , und begründen Sie, warum der Dampfstrahl sehr verdünnt sein muss, wenn man Emission von Strahlung durch Quantensprung vom angeregten Niveau aus beobachten will.

f) Welche Wellenlänge besitzt die emittierte Strahlung die beim Quantensprung des Elektrons von $n = 29$ auf $n = 28$ auftritt? In welchem Bereich liegt diese Strahlung?

Hinweis: Die Verwendung der Rydbergkonstanten ist zweckmäßig.

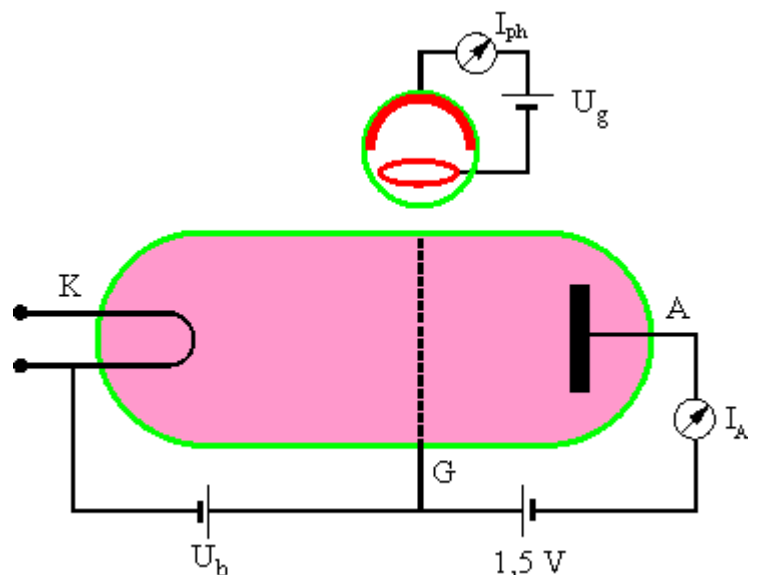
Rydbergatome verhalten sich wegen der hohen Quantenzahlen weitgehend wie klassische Oszillatoren. Nach Bohrs Korrespondenzprinzip sollte für sie die Frequenz der emittierten Strahlung mit der Umlauffrequenz des Leuchtelektrons übereinstimmen. Dies soll im Folgenden nachgewiesen werden.

g) Zeigen Sie zunächst, dass sich zwei benachbarte Quantenbahnen der Quantenzahlen n und $n-1$ für $n \gg 1$ durch die Energie $\Delta W \approx \frac{2 R h c}{n^3}$ unterscheiden.

h) Berechnen Sie nun allgemein die Umlauffrequenz des Elektrons auf der n -ten Quantenbahn, und vergleichen Sie diese mit der Frequenz der emittierten Strahlung beim Quantensprung von n auf $n-1$.

2. Aufgabe: Zur experimentellen Bestimmung der Energiestufen von Neon wird ein Franck-Hertz-Rohr mit Neongas verwendet. Zum Nachweis der aus dem Stoßraum kommenden Strahlung dient eine gemäß der Gegenfeldmethode geschaltete Vakuumphotozelle.

Die Beschleunigungsspannung U_b am Franck-Hertz-Rohr wird, bei 0V beginnend, langsam erhöht, wobei die Gegenspannung an der Photozelle zunächst $U_g = 0$ V beträgt. Erst bei $U_b = 16,6$ V setzt abrupt ein Photostrom I_{ph} ein. Bei diesem Wert von U_b wird durch Hochregeln der Gegenspannung an der Vakuumphotozelle auf $U_g = 10,9$ V erreicht, dass der Photostrom gerade Null wird.



a) Welche Energie haben die aus dem Stoßraum austretenden Photonen? Bestimmen Sie das Material, aus dem die Kathode der Photozelle besteht und begründen Sie Ihr Vorgehen.

Im Folgenden bleibt $U_g = 10,9$ V unverändert. Steigert man nun die Beschleunigungsspannung U_b weiter, so ist zunächst kein Photostrom zu registrieren. Erst ab $U_b = 18,5$ V setzt der Photostrom plötzlich

wieder ein. Gleichzeitig ist ein rötliches Leuchten des Neongases unmittelbar vor dem Gitter zu beobachten.

b) Erklären Sie den Zusammenhang zwischen dem Einsetzen des Photostroms bei $U_b = 18,5 \text{ V}$ und dem Auftreten des roten Leuchtens. Zeichnen Sie hierfür mit den bisherigen Daten ein Energieschema für Neon, tragen Sie die relevanten Übergänge ein und berechnen Sie die Wellenlänge des roten Neonlichts.

c) Erhöht man U_b weiter, so verschiebt sich die rote Leuchtschicht in Richtung Kathode K. Bei $U_b = 35,1 \text{ V}$ entsteht unmittelbar vor dem Gitter eine weitere Leuchtschicht gleicher Farbe. Erklären Sie das Zustandekommen dieser zweiten Leuchtschicht, wenn davon ausgegangen wird, dass Anregungen von Neonatomen nur aus dem Grundzustand erfolgen und das Gas hinreichend stark verdünnt ist. Außer durch Elektronen können Atome durch Photonen oder durch thermische Zusammenstöße angeregt werden.

d) Welcher grundsätzliche Unterschied besteht zwischen der Anregung durch Elektronen und der Anregung durch Photonen?

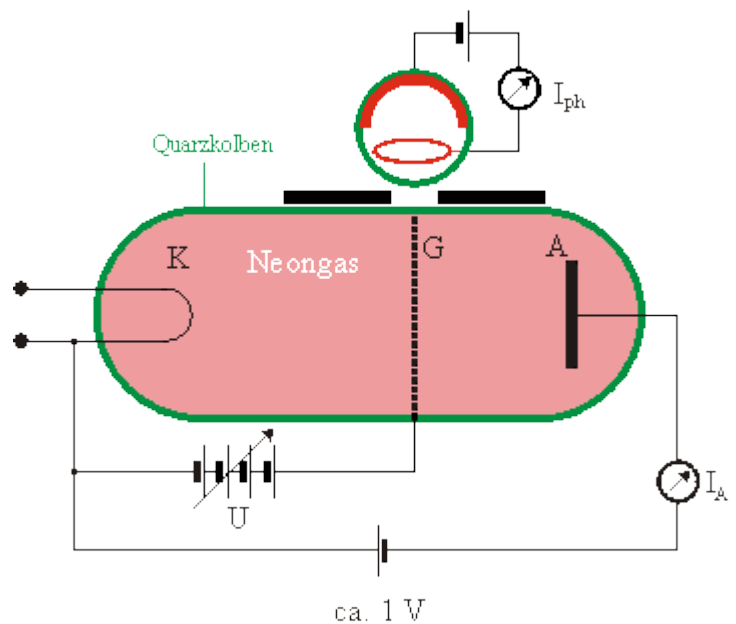
e) Bei welcher Temperatur wäre die mittlere kinetische Energie der Neonatome genauso groß wie ihre erste Anregungsenergie?

3.Aufgabe: Zur genauen Bestimmung der einzelnen Anregungsniveaus und der Ionisierungsenergie kann der folgende abgewandelte Franck-Hertz-Versuch durchgeführt werden:

In einem Quarzkolben befindet sich Neongas. Es ist stark verdünnt, um die Zahl der Mehrfachstöße gering zu halten.

Die Spannung U zwischen Glühkathode K und Gitter G ist regelbar. Der Auffänger A besitzt gegenüber K ein negatives Potenzial von ca. 1 V , so dass, unabhängig von der Beschleunigungsspannung U , Elektronen auf keinen Fall von K nach A gelangen können. Eine Photozelle mit Platinkathode soll aus dem Stoßraum kommende Strahlung nachweisen.

Die Gitterspannung U wird, von 0 V beginnend langsam erhöht.



a) Der Auffängerstrom I_A setzt bei $U = U_1 = 21,6 \text{ V}$ schlagartig ein und steigt dann gleichmäßig an. Erklären Sie diesen Vorgang und begründen Sie, warum mit diesem Ergebnis die Ionisierungsenergie von Ne direkt bestimmt ist.

b) Mit Hilfe der Photozelle erstellt man nebenstehendes Diagramm. Erläutern Sie das abrupte Einsetzen des Photostroms I_{ph} bei $U_2 = 16,6 \text{ V}$. **c)** Die photoelektrische Austrittsarbeit von Platin ist $W_A = 5,7 \text{ eV}$. Das hat zur Folge, dass mit dieser Anordnung nur Linien gemessen werden, die bei Übergängen des Atoms in den Grundzustand emittiert werden. Begründen Sie dies anhand der Messwerte U_1 und U_2 .

